



ÖREBRO
UNIVERSITET

DISTANSTENTAMEN:

Våg- och materiefysik för civilingenjörer

FY501G-0100

2021-03-20, kl. 08:15-13:15

Hjälpmedel: Skrivmateriel, lärobok¹ och miniräknare.

Betygskriterier: Skrivningens maxpoäng är 60. Samtliga deluppgifter kan ge 5 poäng och bedöms utifrån kriterier för *kunskap och förståelse; färdighet, förmåga och värderingsförmåga; samt skriftlig avrapportering*. För betyg 3/4/5 räcker det med 4 poäng inom vart och ett av områdena *vågrörelselära, elektromagnetism, kvantmekanik och materiens struktur* samt 30/40/50 poäng totalt. Detaljerna framgår av separat dokument publicerat på Blackboard.

Anvisningar: Motivera väl med sidhänvisningar och formelnummer från läroboken, redovisa alla väsentliga steg, rita tydliga figurer och svara med rätt enhet. Redovisa inte mer än en huvuduppgift per sida och scanna in i uppgiftsordning i god tid.

Skrivningsresultat: Meddelas inom 15 arbetsdagar.

Examinator: Magnus Ögren.

Lycka till!

1.

- a) En vanlig enhet för att diskutera elpriset i vardagliga sammanhang i Sverige är öre per kWh. I en kvartalsrapport för ett bolag på 'Stockholmsbörsen' står det: "Avslutningsvis vill jag framhålla att vi under fjärde kvartalet internt även gjort en ny så kallad LCOE-analys (Levelized Cost Of Energy) av PWR BLOK 400-F. Den bekräftar att kostnaden för att producera el med PWR BLOK är ca 20 EUR/MWh, vilket är en avsevärt mycket lägre produktionskostnad än andra energislag kan uppvisa enligt de erkända globala studier som har publicerats." Om vi antar växelkursen 1 EUR = 10kr = 1000 öre, vad blir då elpriset i öre per kWh för PWR BLOK 400-F?

En sträng som är fastsatt i båda ändarna har massan 2.00 g, vågutbredningsfart 120 m/s, och spännkraft 7.00 N.

- b) Vad är strängens längd, och vid vilken lägsta frekvens får strängen resonans?

¹ *Principles of Physics* 10.th ed. Halliday, Resnick, Walker

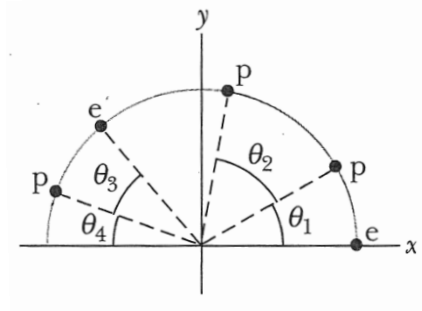
2. En punktformig ljudkälla har effekten $3.00 \mu W$.

a) Vad är intensiteten och ljudnivån (i dB) 4.2 m från ljudkällan?

En kyrkorgel har (bla) två olika typer av pipor som vi kallar A och B. Pipa A, som är öppen i bägge ändar, har en grundfrekvens (eng: *fundamental frequency*) på 425 Hz. För pipa B, som är öppen i en ände, gäller att frekvensen för den femte ordningens stående ljudvåg (eng: *fifth-harmonic*) är den samma som frekvensen för den andra ordningens stående ljudvåg (eng: *second-harmonic*) i pipa A.

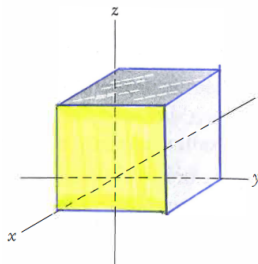
b) Hur långa är piporna A och B?

3. Figuren nedan visar ett antal osymmetriskt placerade elektroner (e) och protoner (p) på en cirkelbåge med radien $r = 2.50 \text{ cm}$, med följande vinklar $\theta_1 = 30.0^\circ$, $\theta_2 = 50.0^\circ$, $\theta_3 = 30.0^\circ$ och $\theta_4 = 20.0^\circ$:



a) Vad är styrkan och riktningen (relativt den positiva x -axeln) av det elektriska fältet i centrum av cirkelbågen?

För kuben i figuren nedan gäller att det elektriska fältet är parallellt med z -axeln:



På den översta ytan är det elektriska fältet $\vec{E} = -34\vec{e}_z \text{ N/C}$, medan det vid bottenytan är $\vec{E} = 20\vec{e}_z \text{ N/C}$. Kubens sidlängd är 4.0 cm.

b) Bestäm den totala elektriska laddningen inuti kuben.

4. Under kursen har vi utifrån Maxwells ekvationer visat att det elektriska- (och det magnetiska-) fältet \vec{E} uppfyller vågekvationen, dvs för tex $\vec{E} = E_x \vec{e}_x$

$$\frac{\partial^2 E_x}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E_x}{\partial t^2}, \quad (1)$$

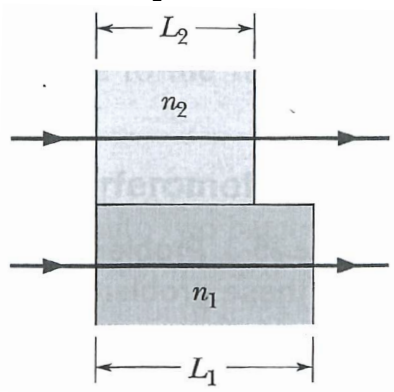
med

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}. \quad (2)$$

- a) Visa först att vänsterledet och högerledet i (1), respektive (2), ovan var för sig har samma enheter. I boken diskuteras att en oftare väljer att mäta det elektriska fältet snarare än det magnetiska i en elektromagnetisk våg. Ge ett bra argument för att detta inte betyder att det elektriska fältet är *starkare* än det magnetiska.
- b) Den elektriska fältvektorn som nämns ovanför (1) har riktningen \vec{e}_x . Om motsvarande magnetfält är $\vec{B} = (0, B_y, B_z)$, i vilken riktning transporterar då EM-vågen energi?

5. a) Monokromatiskt ljus med våglängden $0.55 \mu\text{m}$ träffar en metallyta från vilken elektroner lossnar om de tillförs 0.35 aJ energi, lossnar det några elektroner?

Två ljusstrålar med våglängden $\lambda = 600.0 \text{ nm}$ och samma amplituder inkommer genom luft och är initialt i fas med varandra. De passerar sedan olika plastmaterial, se figuren nedan, där $L_1 = 4.00 \mu\text{m}$ och $L_2 = 3.50 \mu\text{m}$, samt brytningsindexen är $n_1 = 1.42$ och $n_2 = 1.60$.



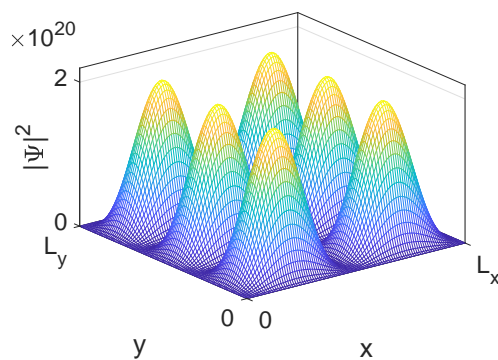
- b) Vilken multipel av den ursprungliga våglängden λ beskriver fasskillnaden efter att båda strålarna har kommit ut från plastmaterialen, kommer deras interferens i en gemensam punkt till höger om plastmaterialen att vara konstruktiv, destruktiv, eller mittemellan?

6. En elektron kan bli inspärrad i väldigt djupa brunnar.

- a) För en speciell endimensionell brunn så är energin i grundtillståndet 1.0 eV. Visa att brunnens bredd då är 0.61 nm.

Vi betraktar nu istället en tvådimensionell brunn med dimensionerna $L_x = 1.0 \cdot 10^{-10}$ m och $L_y = 2L_x = 2.0 \cdot 10^{-10}$ m.

- b) Nedanstående vackra figur visar sannolikhetstätheten för en vågfunktion, $\Psi_{n_x, n_y}(x, y) = \frac{2}{\sqrt{L_x L_y}} \sin\left(\frac{n_x \pi}{L_x} x\right) \sin\left(\frac{n_y \pi}{L_y} y\right)$, till en elektron i den tvådimensionella brunnen.



Bestäm kvanttalerna n_x och n_y , samt ange om det finns ett annat tillstånd som har samma energi.